Lane Medical Library

Historische Entwicklung
der
Ansichten über die Erwärmung der Geschosse
und ihre Ursachen.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 22. Februar 1895

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Hermann Weber

aus Neu-Ruppin (Brandenburg).

OPPONENTEN:

Hr. Stud. med. Fritz Becker.
- Cand. med. Hermann Buhl.
- Dd. med. Erich Bluemchen.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Seinen Eltern!

Auf dem Gebiete der Gewehr- und Geschossfrage berührt sich das militärische mit dem chirurgischen Interesse auf das Innigste. Während der Taktiker eine grösstmögliche Verstärkung der Feuerwirkung erstrebt, ist es die Hauptaufgabe des Chirurgen, ohne jenes Interesse zu schädigen, die Härten des Krieges nach Kräften zu mildern, indem er nur Geschosse von solchem Material zur Verwendung kommen lässt, welches vermöge seines physikalischen Verhaltens trotz grösster Feuerwirkung die relativ günstigsten Wundverhältnisse bedingt. Zu diesem Zwecke ist aber eine genaue Kenntnis der physikalischen Wirkung der Geschosse für den Kriegschirurgen unumgänglich notwendig. Wie sehr diese Forderung berechtigt ist, zeigte sich in neuester Zeit besonders bei der Beurteilung der in allen nur denkbaren Formen beobachteten Geschossdeformierungen und der dadurch bedingten ungünstigen Wundverhältnisse. Während man nämlich früher nichts von derartigen Wirkungen beobachtet hatte, berichteten um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zuerst le Dran und Bilguer von den sonderbarsten Deformierungen der Geschosse und ihren furchtbar zermalmenden Wirkungen. Mit Einführung der gezogenen Rohre und des Langbleis und mit Erhöhung der Perkussionskraft wurden diese Erscheinungen immer häufiger, sodass Pirogoff im Krimkriege fast 50 % aller Geschosse als deformiert bezeichnete, während die Chirurgen des italienischen und des deutsch-französischen Krieges ein fast konstantes Auftreten der Deformierungen beobachtet haben. Es ist klar, dass die mannigfach deformierten Geschosse und die gehacktem Blei ähnlichen Abspritzungen derselben viel ungünstigere Wundverhältnisse bedingen mussten, als den Körper glatt durchschlagende Geschosse. Um nun diese ungünstigen Verhältnisse beseitigen zu können,

mussten die Kriegschirurgen zunächst einmal die Ursache dieser mannigfachen Deformierungen feststellen. Es wurde nun von den meisten Chirurgen die Erwärmung des Geschosses bis zu dem Schmelzpunkte oder über denselben hinaus als Hauptbedingung der Deformierung angesehen, und diese Erklärung erschien ja auch recht plausibel, denn überall glaubte man Bleitropfen und Abschmelzungen zu sehen und sogar die Verfärbung der Ränder des Einschusses für Brandschorf erklären zu müssen. Doch es fehlte nicht an Gegnern dieser Theorie, und es entwickelte sich bald ein lebhafter Streit über diese Frage, der erst in neuster Zeit sein Ende gefunden hat. Es dürfte daher von einigem Interesse sein, die historische Entwicklung der Ansichten über die Erwärmung der Geschosse und ihre Ursachen in kurzen Zügen hier wiederzugeben.

Die Frage der Erwärmung der Geschosse ist so alt, wie die Einführung der Feuerwaffen selbst. Schon die Chirurgen des 16. Jahrhunderts haben eine beträchtliche Erhitzung der Geschosse angenommen und die Schussverletzungen als Brandwunden bezeichnet. Die ersten Aufzeichnungen darüber finden wir in einer Chirurgia aus dem Jahre 1555, wo Alfons Ferrius aus Neapel in dem Kapitel de sclopetorum sive archibusorum vulneribus schreibt: adustio in hoc genere vulneris solutio continui est, facta ab instrumento igne calefacto, afferente dolores, punctiones, pustulas, crustas, caliditatem in id membrum quo fit. Als Ursache einer Erhitzung des Geschosses galt seine Reibung an der durchflogenen Luft und sein Anprall gegen das Ziel.

Gegen diese Anschauungen traten fast zu gleicher Zeit in Frankreich Paré und in Italien Maggius auf. Paré führte an, dass eine Bleikugel durch bedeutende Hitze weich und bis zur Schmelzung flüssig werden müsse, und doch finde man dieselbe selbst nach Durchsetzung eines Harnischs oder gar eines ganzen Menschen noch unverändert in Gestalt und Gewicht vor. Er schoss mehrfach Kugeln gegen feste Steine und konnte die abgeprallte Kugel sofort aufheben und in der Hand halten, ohne eine bemerkenswerte Hitze zu verspüren. Als besonders beweiskräftig führte er an, dass er mit einer Wachskugel ein Brett von der Dicke eines halben Fingers

durchschiessen konnte. Dies wäre aber nach seiner Meinung unmöglich gewesen, wenn das an und für sich schon weiche Geschoss auch noch durch eine beim Auftreffen entstehende Temperaturerhöhung noch mehr erweicht oder gar verflüssigt werde. Auch auf einen mit Schiesspulver angefüllten Sack feuerte er, ohne dass Explosion eintrat. Aus diesen Versuchen zog Paré den Schluss, dass eine beträchtliche Erhitzung des Geschosses nicht stattfinden könne. Maggius ist derselben Ansicht und suchte dieselbe auch experimentell zu erhärten. Zunächst fing er Kanonenkugeln in einem Werg- und Wollepolster auf und bemerkte dabei ebensowenig Spuren einer Verbrennung, wie an der Haut oder den Kleidungsstücken eines von einer Gewehrkugel getroffenen Menschen. Sodann schoss er Pfeile, die mit Schwefel bestrichen waren, gegen ein festes Ziel, ohne dass sich der Schwefel weder durch Reibung an der Luft, noch durch Anprall an das Ziel entzündet hätte. Das Abfeuern von Schwefelkugeln gegen eine Kalkwand führte ebenfalls zu einem negativen Resultate. Auch den von Paré zuerst angestellten Versuch mit Wachskugeln wiederholte er und wunderte sich, dass die Wachskugeln gleich Bleikugeln von dem Ziele absprängen, während sie doch, wenn sie erhitzt wären, daran kleben bleiben müssten.

So schien denn die Unhaltbarkeit der Behauptung einer Erhitzung des Geschosses endgültig dargethan zu sein, und die Erörterungen darüber ruhten fast 300 Jahre. Erst um die Mitte unseres Jahrhunderts, als man, wie oben erwähnt, nach der Ursache der mannigfachen Deformierungen suchte, wandte man der Erwärmungsfrage wieder ein grösseres Interesse zu, und Pirogoff war der erste, der die Schusswirkungen denen verglich, die durch Glüheisen oder glühend heisse Troikarts erzeugt würden. Zu derselben Zeit wurden Beobachtungen veröffentlicht, die der herrschenden Theorie völlig zu widersprechen schienen. Als man nämlich 1834 in Metz mit eisernen Kanonen-Vollkugeln Breschversuche gegen eine Mauer aus festem Kalkstein unternahm, fand man, dass die Kugeln 1 bis 2 Fuss tief in die Mauer eingedrungen waren, den Kalk vollständig gebrannt hatten und noch eine Stunde später heiss anzufühlen

waren. Bei ferneren Versuchen daselbst gegen eiserne Platten zerschellten die Geschosse und hinterliessen starke, von Rissen umgebene, blaugefärbte Eindrücke, deren Färbung man einer starken Erhitzung zuschrieb. Zu derselben Zeit ereignete es sich bei belgischen Schiessversuchen gegen undurchdringliche Eisenplatten, dass eiserne Vollkugeln unter Feuererscheinungen zersprangen und die Bruchstücke sich binnen kurzer Zeit mit Eisenoxyd überzogen.

Fragen wir nun nach den Ursachen einer möglichen Erhitzung der Geschosse, so kommen dabei 4 Momente in Betracht. Erstens: Berührung des Geschosses mit den Pulvergasen. Zweitens: Reibung an der Seelenwandung des Laufes. Drittens: Reibung an der durchflogenen atmosphärischen Luft. Viertens: Hemmung der Bewegung im Ziele. Von einer beträchtlichen thermischen Einwirkung der Pulvergase auf das Geschoss kann eigentlich kaum die Rede sein. Denn wenn auch eine gewisse Einwirkung bei der kolossalen Temperatur der Pulvergase — über 3000° nach Bodynski — zugestanden werden muss, so kann dieselbe doch bei der enorm kurzen Dauer der Einwirkung schwerlich von Belang sein. Ganz unbedeutend muss dieselbe vollends bei denjenigen Gewehrsystemen sein, wo Geschoss und Pulver durch Filzpfropf oder Isolierscheibe getrennt sind. So hatte z. B. das deutsche Infanteriegewehr M. 71/84 eine Isolierscheibe, die aus einem beiderseits mit einem Karton bedeckten Wachspfropf bestand. Diese Scheiben konnte man auf dem Schiessstande in einiger Entfernung von dem Schützen auflesen und fand dann in einigen Fällen den dem Pulver zugekehrten Karton angesengt, niemals aber den Wachspfropf geschmolzen, ein Beweis also, dass die Hitze der Pulvergase nicht auf das Geschoss selbst eingewirkt haben kann. Eine grössere Bedeutung indessen wurde der Reibung des Geschosses an den Seelenwandungen des Laufes beigelegt. So giebt Richter zwar zu, dass dieselbe für die Rundkugeln der glattwandigen Vorderlader bedeutungslos sei, da hier das Geschosskaliber kleiner als das Rohrkaliber sei, wodurch eine bedeutende Reibung verhindert werde, dagegen behauptet er, dass bei den gezogenen Hinterladern, deren Geschosskaliber grösser ist als das Rohr-

kaliber, die Erwärmung des Geschosses infolge Reibung an der Seelenwandung eine beträchtliche sein müsse. Einen Zahlenwert giebt er jedoch nicht an. Hagenbach berechnet die Temperatur des den Lauf verlassenden Geschosses auf 100°, Bodynski sogar auf 300°. Andere Autoren, wie Reger und Beck, halten eine solche Erhitzung für ausgeschlossen. Zum Beweise führt Reger ein Geschosspräparat an, das bei normalem Gewichte vollständig umgekrämpelt ist und eine absolut intakte Fläche des nunmehr innen befindlichen Mantels zeigt. Wenn dabei irgend eine stärkere Erwärmung des Mantelteils stattgefunden hätte, so würde das Geschoss auch infolge der dadurch bedingten grösseren Weichheit gerade am Mantelteile seine Form und Kohärenz geändert haben, nicht aber an den centralen Partieen. Auch der oft angeführten Erhitzung des Laufes, z. B. bei Schnellfeuer, gesteht Reger nur dann einen nennenswerten Einfluss auf das Geschoss zu, wenn die Patrone längere Zeit in der überhitzten Geschosskammer liegen bleibt, und somit eine direkte Übertragung stattfindet. Dagegen stellt er eine Erhitzung während des Durchfliegens des Laufes durch Übertragung selbst bei stark erhitztem Laufe wegen der ungeheuren Anfangsgeschwindigkeit gänzlich in Abrede. Gegen eine Erwärmung durch Pulvergase oder Reibung im Laufe spricht ferner die Thatsache, dass man einerseits leicht schmelzbares Material, wie z. B. ein Stück Talglicht, ohne Beeinträchtigung desselben als Projektil verwenden kann, und dass man andererseits auch aus Windbüchsen, also ohne Zündmasse, Kugeln mit einer derartigen Kraft abschiessen kann, dass dieselben bei ihrem Aufschlagen Deformierungen erleiden. Das dritte Moment, die Reibung an der atmosphärischen Luft, glauben selbst die Anhänger der Schmelzungstheorie unberücksichtigt lassen zu dürfen, da die Temperaturerhöhung bei dem Überwinden des Luftwiderstandes nur geringfügig und vielleicht nur gerade ausreichend ist, eine Herabsetzung derjenigen Temperatur zu verhüten, die das Geschoss beim Verlassen des Laufes angenommen hat. Die meisten Autoren lassen jedoch bei ihren Betrachtungen die 3 eben erwähnten Momente ganz ausser acht, da überführende Experimente nach dieser Richtung hin noch nicht ange-

stellt werden konnten, und da die grossen Differenzen in den Berechnungen die relative Bedeutungslosigkeit obiger Momente in einfacher Weise darthun. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem vierten Momente, denn die Anhänger der Schmelzungstheorie sehen gerade in der plötzlichen Hemmung der Bewegung im Ziele den Hauptquell der Wärmeerzeugung, indem sich hier die lebendige Kraft des Geschosses in Wärme umsetzen und diese dann wieder Deformierung bedingen soll.

Nachdem also, wie oben erwähnt, schon 1864 Pirogoff eine Erwärmung des Geschosses bis zur Verbrennung der betroffenen Gewebe behauptet hatte, ohne indessen seine Ansicht durch Experimente zu erhärten, unternahmen es 1870 Hagenbach und Socin, ihre Theorie durch Experiment und Berechnung zu bestätigen. Zunächst schoss Socin mit dem eidgenössischen Geschosse, welches ein Gewicht von 40 g hat, aus einer Entfernung von 100 m auf eine Eisenscheibe. Er fand dann jedesmal das Geschoss in ein eigentümlich deformiertes Bleistück von ziemlich konstantem Gewichte — ca. 27 g — verwandelt. An der Scheibe selbst hatte das abgespritzte Blei seine Spuren in Form eines weissen Sternes zurückgelassen, vor der Scheibe lag das Überbleibsel des Projektils, das ein strahlig-krystallinisches Aussehen zeigte, und sehr oft konnte er angeblich noch ganz heisse Bleitropfen aufheben. Diese Befunde bewiesen ihm zweifellos, dass der Gewichtsverlust wirklich durch Abschmelzung erfolgt sei. Dieselben Resultate erhielt er bei Versuchen mit einem kleineren Kaliber. Diejenigen Versuche aber, die er anstellte, um das Verhalten der Geschosse den tierischen Geweben gegenüber zu bestimmen, fielen deshalb nicht ganz nach Wunsch aus, weil die Perkussionskraft viel zu gross war, als dass die Geschosse allein durch den tierischen Körper aufgehalten werden konnten, sodass er genötigt war, zum Auffangen eiserne Platten zu verwenden. Er konnte daher auch nicht genau unterscheiden, ob eine Abschmelzung schon im tierischen Gewebe oder erst an der dahinter aufgestellten Eisenscheibe stattgefunden hatte. Infolge des Aussehens der völlig abgeplatteten Bleistücke glaubte sich jedoch Socin zu der Annahme berechtigt, dass dieselben in schon geschmolzenem Zustande die Scheibe getroffen hätten.

Besondere Aufmerksamkeit verdient folgender Versuch: Socin richtete einige mit Flüssigkeit gefüllte Tiermagen, die mit frischer Stierhaut mehrfach umwickelt waren, zu einem Bündel von etwa 25 cm Durchmesser her und schoss auf dasselbe. 2 Projektile kleinen und 3 grossen Kalibers blieben darin stecken. Diese sollen nun in auffallender Weise abgeplattet und umgestülpt gewesen sein und mehr oder weniger grosse Abschmelzungen an der Spitze gezeigt haben. Damit schien thatsächlich der letzte, noch wünschenswerte Beweis geliefert zu sein, dass nämlich ein Projektil in vollem Laufe durch Weichteile allein aufgehalten werden kann, und dass dabei infolge plötzlicher Umsetzung der lebendigen Kraft in Wärme Schmelzung des Bleis eintritt.

Der Physiker Hagenbach suchte durch Rechnung nachzuweisen, dass die mechanische Wärmetheorie die durch Socin's Versuche scheinbar nachgewiesene Abschmelzung in befriedigender Weise erklärt. Nach seiner Berechnung wäre die bei Schüssen auf 100 m entstehende Wärmemenge im stande, ein Vielfaches der Masse des Bleigeschosses zum Schmelzen zu bringen, doch würde es über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, wenn seine Berechnungen hier angeführt werden sollten. Zudem darf man nicht vergessen, dass, wie Reger sehr richtig bemerkt, derartige theoretische Berechnungen absolut keinen Schluss auf die wirklich im Bleigeschosse erzeugte Wärme zulassen, da noch niemand die Kraft berechnet hat, die z. B. nötig ist, um die Deformierungen des Geschosses zu bewerkstelligen, oder um die Erschütterung des Widerstandes oder die Erzeugung von Wärme in demselben zu leisten oder um jedes einzelne Teilchen des zersprühenden Geschosses mit lebendiger Kraft auszustatten. Ehe man alle diese Ausgaben an Kraft in Rechnung gestellt hat, wird man nie im stande sein, die Erhitzung des Geschosses beim Aufpralle auf das Ziel theoretisch zu berechnen.

Der nächstfolgende Autor, der sich mit der Erwärmungsfrage beschäftigte, ist Busch, und zwar ist derselbe ein lebhafter Anhänger der Schmelzungstheorie. Er suchte dieselbe durch verschiedenartige Experimente zu erhärten. Zunächst stellte er Fallexperimente mit einer mehrere Pfund schweren Eisenbirne auf Geschosse

von verschieden hoher Temperatur an und fand, dass erst bei Erhitzung des Bleigeschosses bis nahe zum Schmelzpunkte ein Abspritzen kleinster Partikelchen zu erzielen sei. Sodann schoss er mit dem Chassepotgewehre auf Leichen, die vor einer $^3/_4$ Fuss dicken Thonwand angebracht waren, und fand in den Schusskanälen die Anwesenheit einer grossen Menge kleinster Bleipartikelchen, die er für abgeschmolzene Bleitröpfchen erklärte. Dass übrigens bei dieser Art des Auffangens in einer Thonwand ein Irrtum leicht möglich ist, gesteht Busch selbst zu, denn die Veränderungen, die ein Bleigeschoss in einer solchen Wand erfährt, sind viel zu bedeutend, als dass solche Versuche noch einen sicheren Schluss über die in dem vorgehängten Körperteile entstandenen Deformierungen und Temperaturdifferenzen zuliessen. Trotzdem aber erklärte Busch, auch mit Hülfe des Mikroskopes den Beweis für die Schmelzung liefern zu können, und er hielt fest an der Behauptung, dass im menschlichen Körper eine Schmelzung des Bleigeschosses vorkomme, und dass diese dann durch die dadurch erzeugte Deformierung und Abspritzung kleinster Partikelchen hauptsächlich die Explosion bei Schüssen aus grosser Nähe hervorbrächten.

In Widerspruch zu diesen Anschauungen trat alsbald Küster, indem er eine Erwärmung bis zur Schmelzung des Bleigeschosses entschieden bestritt. Er gab zwar auf Grund eigener Beobachtungen zu, dass das Bleigeschoss an allen Kanten und Ecken des Schusskanals feinste Bleipartikelchen zurücklässt, erklärte sich aber das Zustandekommen dieser Erscheinung so, dass das Geschoss durch die bei dem Aufschlagen entstehende, aber lange nicht bis zum Schmelzpunkte ansteigende Wärme an Kohäsionskraft verliert und dann mechanisch zerteilt wird. Dass das Blei thatsächlich mit zunehmender Erwärmung an Kohärenz verliert, bewies er dadurch, dass er 2 Kugeln aus Weichblei, von denen die eine kalt, die andere stark erwärmt war, aus einer Höhe von etwa 6 Fuss auf einen Stein fallen liess. Die erwärmte Kugel war dann stets deutlich abgeplattet, während die kalte Kugel gar keine Veränderung zeigte. Dass übrigens eine gewisse Erwärmung des Bleigeschosses zugestanden werden müsse, hielt Küster für hinreichend

erwiesen, einmal auf Grund des physikalischen Gesetzes, dass beim Überwinden eines Widerstandes durch die Kugel sich ein Teil ihrer lebendigen Kraft in Wärme umsetzt, und sodann durch den Umstand, dass er jede Kugel, die in der Scheibe stecken blieb, angeblich stark erwärmt vorfand. Ein fernerer Beweis für die Erwärmung der Geschosse waren für Küster Schüsse aus nächster Nähe auf einen Haufen nassen Sandes. Er fand nämlich stets die Wände und besonders das blinde Ende des Schusskanals ausgetrocknet.

In Richter hinwiederum fand die Schmelzungstheorie einen glänzenden Verteidiger. Seine Ausführungen erstreckten sich sowohl auf das Infanterie-, als auch das Artilleriegeschoss. Während er es bezüglich des bleiernen Infanteriegeschosses durch den Socin'schen Tiermagenversuch für hinreichend erwiesen erachtete, dass, selbst wenn das Geschoss blos durch Weichteile aufgehalten wird, die sich dabei entwickelnde Temperatur den Schmelzpunkt des Bleis erreichen kann, gestand er aber zu, dass selbst bei der plötzlichsten Hemmung eines mit bedeutendster Geschwindigkeit fliegenden Geschosses die entstehende Temperatur nicht im stande ist, die ganze Bleimasse zum Schmelzen zu bringen, ja er ging sogar soweit, zu behaupten, es käme im menschlichen Körper nur selten zu dem Schmelzen auch nur geringer Teile des Geschosses, und zwar nur bei Verletzungen auf ganz geringe Entfernungen. Bezüglich des Verhaltens eiserner Artilleriegeschosse wusste Richter folgende Thatsachen zu berichten, die bei preussischen Schiessversuchen gegen eiserne Panzerplatten beobachtet sein sollen: Wenn eine Granate durch die Eisenplatte durchdringt, ohne die geringste Stauchung oder mechanische Trennung ihrer Teile zu erleiden, so wird sie nicht erhitzt. Erleidet sie dagegen Stauchung, so erfährt sie beim Durchbohren der Scheibe eine Temperaturerhöhung, die einen um so höheren Grad zeigt, je bedeutender sich das Eisen staucht. Streift sich das Blei des Geschossmantels von der Granate ab und bleibt an den Wandungen des Schussloches haften, so findet man es hier geschmolzen. Im Anschlusse an diese Beobachtungen stellte Richter die Lehre auf, dass das Eisenprojektil, da es in seiner eigenen Konstitution keine wesentliche Änderung und infolgedessen

auch in seinem Fluge so gut wie keine Verlangsamung erfährt, auch keine nachweisbare Temperaturerhöhung erleidet. Er erklärte sich dies nämlich so, dass Stauchung plötzliche Schwächung der lebendigen Kraft bedeute, diese Schwächung aber, da das Gewicht des Geschosses dasselbe bleibe, sich hauptsächlich als Herabsetzung der Fluggeschwindigkeit äussere, kurzum, dass in einem solchen Geschosse plötzlich ein Teil mechanischer Kraft zu Grunde geht, und dass, wo plötzlich mechanische Bewegung gehemmt wird, nach physikalischen Gesetzen Wärme entstehen muss. Richter scheint indessen dabei zu übersehen, dass die herabgesetzte Fluggeschwindigkeit gar nicht eine Folge der Stauchung ist, sondern dass umgekehrt die Stauchung der physikalische Ausdruck des Verlustes an mechanischer Kraft ist. Dass übrigens von einer thermischen Wirkung der Granatsplitter so wenig bekannt sei, führte Richter darauf zurück, dass bleibende Zeichen einer Temperaturerhöhung, wie sie beim Blei existieren, bei dem Eisen in Wegfall kommen, und dass Granatsplitter bis jetzt verhältnismässig selten in blinden Schusskanälen gefunden worden sind.

Einen mehr vermittelnden Standpunkt zwischen Anhängern und Gegnern der Schmelzungstheorie nahm Kocher ein. Er konstatierte, dass sowohl die Anschauung von der rein mechanischen Wirkung, als auch die Schmelzungstheorie auf ein und derselben physikalischen Thatsache beruhen, dass nämlich die plötzlich gehemmte, mechanische Bewegung des Geschosses in eine physikalische Wirkung anderer Art umgesetzt werden muss. Nun lehre die Physik, so führte er weiter aus, die Notwendigkeit einer Wärmeerzeugung bei plötzlich gehemmter Bewegung, aber nur insofern, als nicht eine entsprechende mechanische Arbeit geleistet wird. Nun ist es aber rein unmöglich, den Grad der geleisteten Arbeit zu bestimmen, sodass man auch nicht sagen kann, wieviel von der lebendigen Kraft noch zur Wärmeerzeugung übrig bleibt. Kocher mühte sich deshalb auch nicht lange mit theoretischen Erwägungen ab, sondern gab die Entscheidung in dieser Frage ganz dem Experimente anheim. Zunächst bestätigte er die von Hagenbach und Socin mitgeteilte Beobachtung, dass man

den Rest der Kugel noch stark erwärmt von dem Erdboden aufheben könne. Den Gewichtsverlust des Geschosses jedoch und das Abspritzen und die sternförmige Anordnung der Bleipartikelchen auf der Eisenplatte machte er nicht als strikten Beweis einer stattgehabten Schmelzung geltend, da dies alles noch als rein mechanische Wirkung aufgefasst werden könne. Auch den Socin'schen Tiermagenversuch hielt er nicht für beweiskräftig, indem er die deutlichen Schmelzungserscheinungen, die jener wahrgenommen haben wollte, stark anzweifelte. Wenn er nämlich in kaltes Wasser schoss, erzielte er ebenfalls starke Deformationen, ohne dass man hierbei doch irgendwie an Schmelzungsvorgänge denken konnte. Auch bei Schüssen mit sog. Rose-Metall, dessen Schmelzpunkt schon bei 95° liegt, auf Weichteile überzeugte er sich, dass selbst bei diesem niederen Schmelzpunkte von einer Erhitzung bis zur Schmelzung absolut nicht die Rede war. Immerhin sah Kocher es auf Grund vieler, auch oben erwähnter Versuche als völlig feststehend an, dass bei Schüssen auf Eisen- und Steinplatten eine Erhitzung des Bleigeschosses bis zur Schmelzung vorkommt. Um sich nun Klarheit zu verschaffen, ob auch im menschlichen Körper Schmelzung des Bleigeschosses vorkomme, schlug Kocher einen ganz eigenartigen Weg ein, der zwar schon von Busch betreten war, ohne dass derselbe aber die erwünschte Klarheit in dieser Frage erzielt hatte. Da nämlich einerseits kein Körpergewebe im stande ist, ein modernes Geschoss in voller Geschwindigkeit aufzuhalten, sodass man eine eventuelle Erhitzung an Ort und Stelle nachweisen könnte, andererseits aber bei der geringen Geschwindigkeit von unter 200 m, bei welcher die Geschosse erst in dem Körper stecken bleiben, Schmelzungserscheinungen überhaupt nicht mehr beobachtet werden können, ordnete Kocher seine Versuche auf folgende Weise an: Er konstruierte sich eine Eisenkugel, die mit einer lebendigen Kraft von 6,56 mkg auf einen Amboss auffiel. Auf diesen Amboss konnten die Geschosse gelegt werden, die man in heissem Öle auf jede beliebige Temperatur bringen konnte. Wenn man nun die Eisenkugel einwirken liess, so ergab sich, dass die Deformierungen desto grösser waren, auf einen je

höheren Temperaturgrad man vorher die Geschosse gebracht hatte, dass aber ein Abspritzen kleinster Bleipartikelchen erst dann eintrat, wenn das Geschoss bis über den Schmelzpunkt erhitzt war. Aus diesen Versuchen zog Kocher den Schluss, dass wirklich eine Erhitzung bis zur Schmelzung nötig sei, um das Abspritzen von Bleipartikelchen zu erzielen. Wenn man nun nachweisen konnte, dass auch bei Schüssen auf den menschlichen Körper ein solches Abspritzen kleinster Partikelchen vorkommt, so war die Schmelzung des Bleis in dem menschlichen Körper erwiesen. Diese Voraussetzung schien aber erfüllt zu sein, denn schon Busch wollte bei Schüssen auf macerierte Schädel neben dem Ausschusse die Innenwand des Schädels in ziemlich grosser Ausdehnung ganz von einem grauweissen Anfluge kleinster Bleitröpfchen bestäubt gefunden haben. Kocher bestätigte diese Beobachtung und konnte auf Grund dieser Resultate den Satz aufstellen: Es findet in Wirklichkeit eine Erhitzung des Bleigeschosses bis zu der Schmelzung bei dem Auftreffen auf den menschlichen Körper statt. Zu der Frage indessen, ob durch diese Abschmelzungen die erheblichen Zerstörungen der modernen Geschosse erklärt werden können, verhielt er sich ablehnend, denn seiner Erfahrung nach beschränke sich die Abschmelzung nur auf die Spitze des Geschosses und komme nur vor bei dem Auftreffen auf Knochen, während sie bei dem Durchsetzen von Weichteilen undenkbar sei. Ausserdem wohne diesen Spritzlingen keine allzugrosse lebendige Kraft inne, sodass sie schon an einer Schädelkortikalis wirkungslos abprallen.

Kocher unterschied übrigens eine Deformierung bei Flüssigkeiten, welche nur auf mechanischem Wege durch die langsame Aktion der Wassersäule entstanden sein soll, und eine solche bei festen Körpern, welche durch die Erwärmungsfrage erklärt werde. Bezüglich der letzteren betonte er also, wie oben erwähnt, dass die Absprengung kleinster Partikelchen einzig durch Erhitzung des Geschosses bis über den Schmelzpunkt hinaus zu stande komme, während die blosse Erhitzung des Geschosses durchaus nur eine Bedeutung für den Grad der Deformierung haben soll.

Es folgen jetzt Reger, Beck und Bruns, 3 über-

zeugte Gegner der Schmelzungstheorie, auf deren Ausführungen etwas näher einzugehen sich lohnt, da ihre Ansichten die zur Zeit maassgebenden in der Erwärmungsfrage sind.

Reger benutzte zu seinen Versuchen meist eine Jagdbüchse, seltener das officielle Militärgewehr. Die Geschosse beider Gewehre sind proportional und besitzen dieselbe Geschwindigkeit von 435 m. Um nun bei dieser heiklen Differenzierung, ob eine Bleifläche durch mechanische Gewalt oder durch Schmelzung verändert erscheint, die Einwirkung einer nach dem Schusseffekte statthabenden Reibung nach Kräften zu vermeiden, bediente sich Reger eines möglichst weichen, elastischen Auffangematerials, und zwar teils der Seih, d. i. des Restbestandes des bei dem Brauereibetriebe verarbeiteten Malzes, teils der Butter, teils weisser Friesdecken, die mit 1 bis $1^1/_2$ Zoll langen, locker gestellten Härchen besetzt waren. Zunächst konstatierte er nun in Widerspruch zu Küster, dass die Schusskanäle, sowie die nächste Umgebung derselben bei dem Auffangen in feuchter Seih niemals ausgetrocknet waren, wie dies allerdings bei einigermaassen heissen Geschossen hätte der Fall sein müssen. Ebensowenig fand er bei Schüssen in Holz, in welchem die Geschosse stark deformiert stecken geblieben waren, irgendwelche Spuren einer Hitzeeinwirkung des Bleigeschosses, ja im Gegenteil, die Deformationsprodukte lagen als Lamellen mit scharfen Haken und Kanten zwischen den unversehrten Holzfasern. Bei den Stahlgeschossen dagegen, die meist nicht deformiert im Holze aufgefunden wurden, war die Hitzeeinwirkung eine so starke, dass die obersten Schichten des Geschosslagers verkohlt waren. Auch die in dem Holze aufgefangenen Kupfergeschosse zeigten bei mässiger Deformation eine, wenn auch bedeutend geringere, thermische Einwirkung und bildeten so ein vermittelndes Glied zwischen Blei- und Stahlgeschoss. Dieser Befund, einerseits nämlich Blei mit stärkster Deformation ohne Hitzeeinwirkung auf das Substrat, andererseits Stahl ohne geringste Deformation mit starker Hitzeeinwirkung, war für Reger ein wesentlicher Stützpunkt seiner weiter unten zu entwickelnden Theorie. Reger schoss ferner in Wiederholung der schon von Hagen-

bach, Socin u. A. angestellten Versuche auf eiserne Platten und zwar zunächst aus einer Entfernung von 100 m. Er konstatierte dabei nun Folgendes: Stets spritzte das ganze Geschoss sternförmig auseinander. Auf den Haaren der Auffangedecke oder locker zwischen denselben fanden sich dünne, platte, auf die Fläche gekrümmte, scharfrandige Lamellen, welche deutlich parallele Kratzstellen zeigten. Zwischen diesen Lamellen fand man stets den Kugelrest in Form eines etwa groschengrossen, platten Bleistückes, welches auf der Auftrefffläche matt und leicht granulierend erschien. Auf der Rückseite zeigte es jedoch scharfe Ränder und eine merkwürdig strahlige Zeichnung, welche einen centralen Haufen kreuz und quer gelagerter Bälkchen erkennen liess, die nach der Peripherie hin in radiären Strahlen auseinanderliefen. In dem Gewebe der vierfach gelegten Decke fand man häufig zusammengedrehte Lamellen, welche zum Teile auf den ersten Blick kleine Kügelchen vortäuschten, die sich aber bei näherer Besichtigung als zusammengerollte und zusammengeballte Lamellen entpuppten. Diese hatten auf ihrem Fluge häufig in dem Momente des Zusammenrollens ein Paket Wollhaare mitgefasst und so in ihre Höhlung hineingezogen, doch zeigten diese Härchen niemals eine Spur von Verkohlung, wie es doch sein müsste, wenn die Bleispritzerchen in geschmolzenem Zustande die Härchen umklammert hätten. Selbst für das Gefühl waren die aufgefangenen Splitter nicht erhitzt. Auch der an der Scheibe entstandenen, von vielen Autoren zu Gunsten der Schmelzungstheorie gedeuteten Bleifläche wandte Reger seine Aufmerksamkeit zu. Er fand jedesmal eine centrale, leichte Delle von russigem Aussehen von etwa 5 mm Durchmesser und von ihr ausgehend frischglänzende, 2 bis 3 cm lange Strahlen. Während sich nun der centrale schwarze Fleck bei dem Betupfen mit einem weissen Tuche als Pulverschleim kennzeichnete, erschien die Bleifigur entstanden zu sein durch heftiges Abstreifen des auseinanderfahrenden Geschosses, ähnlich dem Vorgange, als wenn man mit einem Bleistifte über eine leicht rauhe Fläche hinfährt. Irgend welche Schmelzungserscheinungen daran konnte Reger nie wahrnehmen. Auch bei dem Auffangen in Butter erhielt er bezüglich

der Form der Abspritzungen völlig gleiche Resultate. Die Spritzlinge lagen an dem Ende des kleinen Schusskanals stets frei, nicht eingeschmolzen, da. Die oberflächlich liegenden zeigten niemals einen Schmelzrand, wie ihn diejenigen Bleispritzer zeigten, welche man von einer in geschmolzenem Zustande gegen eine Eisenscheibe geworfenen Kugel aufgefangen hatte. Bei Schüssen aus einer Entfernung von 12 Schritt erzielte Reger indessen ein ganz anderes Resultat bezüglich der Temperaturen der Abspritzungen. Einerseits fühlten sich nämlich die Abspritzungen warm an, andererseits zeigten die zusammengerollten Lamellen in ihrem Inneren leicht gelblich gefärbte Wollhaare. Um nun den Temperaturgrad zu bestimmen, welcher diese Färbung erzeugt haben musste, stellte Reger nach der Beck'schen Methode vergleichende Versuche an, indem er kleine Friesstückchen in Quecksilber eintauchte, das auf die verschiedenen Grade erhitzt werden konnte. Er fand nun, dass die Wollhaare mit Zunahme der Temperatur eine stetig wachsende Einbusse an Elasticität erleiden, dass aber eine leichte Verfärbung erst bei 140° eintritt, welche bis 230° allmählich ansteigt, bei 240° zur Verkohlung der Haare und bei 260° zur Verkohlung des Gewebes führt. Da nun Reger ein längeres Einwirken der erhitzten Bleilamellen auf das umschlossene Gewebe annehmen musste, ergab sich durch Vergleichung der betreffenden Farbe für die Abspritzungen eine Temperatur von 220 bis 230°. Wollte er selbst annehmen, dass durch raschere Abkühlung nicht ein längeres, sondern nur ein momentanes Berühren der Wollhaare bei der Anfangstemperatur stattgefunden habe, so würde die Temperatur der Abschmelzungen noch nicht 270° erreichen, da die bei den Kontrollversuchen stattgefundene momentane Eintauchung bei 270° durchaus einen stärkeren Grad der Verfärbung hervorbrachte, als derjenige war, den die Abspritzungen auf der Friesdecke erzeugt hatten. Wenn sich nun auch aus diesen Versuchen ergab, dass die Temperatur der aufgefangenen Bleispritzer noch annähernd 100° von dem Schmelzpunkte des Bleis entfernt ist, so musste Reger dennoch zugeben, dass trotzdem eine wenn auch nur geringste Schmelzung dagewesen sein muss. Er untersuchte nämlich unter

mikroskopischer Vergrösserung den auf einer vorgehängten Pappe niedergeschlagenen Bleistaub und fand daselbst über allen Zweifel erhabene, charakteristische Zeichen dafür, dass diese Partikelchen in geschmolzenem Zustande auf die Pappe gesprüht sind. Er konnte deutlich die abgerundeten Formen erkennen, die in kleinste Ausläufer endigen, wie sie eben Blei hervorbringt, wenn man es geschmolzen an die Erde giesst. Er musste somit den Anhängern der Schmelzungstheorie zugestehen, dass es bei Schüssen aus nächster Nähe auf Eisenplatten thatsächlich an der Spitze des Geschosses zu einer partiellen Schmelzung des Bleis kommt. Dieses schlägt sich in Form von allerfeinstem, mikroskopischem Bleistaube ohne irgendwelche lebendige Kraft an den nächstgelegenen Teilen nieder. Natürlich müssen die der Spitze zunächstliegenden Teilchen des Geschosses sich in einem mehr oder weniger starken Erhitzungsgrade befinden. Wäre indes das ganze Geschoss geschmolzen, so würde man Erscheinungsformen erhalten, wie man sie bei dem Werfen von eben geschmolzenem Blei gegen eine Eisenscheibe erhält. Dies ist jedoch nicht der Fall. Wenn nun schon bei einer Entfernung von 100 m bei Schüssen auf denselben unüberwindlichen Widerstand auch nur von einer geringsten Schmelzung absolut nicht mehr die Rede ist, wie kann man da bei dem menschlichen Körper, der doch für die heutigen Geschosse keineswegs ein unüberwindliches Hindernis darbietet, überhaupt noch an Schmelzung denken? Es könnte dieselbe höchstens bei Schüssen aus allernächster Nähe auf ganz aussergewöhnlich harte Knochen vorkommen, doch gehört dies zu den allerseltensten Ausnahmen. Und doch behaupteten, wie oben erwähnt, Busch und Kocher, den charakteristischen Bleistaub bei Schüssen auf macerierte Schädel gesehen und mikroskopisch nachgewiesen zu haben, womit dann allerdings das Vorkommen der Schmelzung in dem menschlichen Körper seine Bestätigung gefunden haben würde. Reger jedoch konnte bei seinen Schüssen auf Knochen und Schädel niemals einen solchen geschmolzenen Bleistaub sehen und verwies das Vorkommen desselben in das Gebiet der Unmöglichkeit. Wenn irgendwo, meinte er, so müsste ein solcher Bleistaub bei den Schüssen in

Eichen- oder Akacienholz, in welches das Bleigeschoss bei grösster Deformierung nur 9 cm tief eindrang, sich an den Wänden des Schusskanals abgestreift haben. Allerdings bestätigte Reger das Vorkommen von Bleistaub, der die Holzfasern mit einem leicht irisierenden Überzuge versehen hatte, doch machte er darauf aufmerksam, dass dieser Staub durchaus nicht geschmolzen, sondern mechanisch durch Abstreifen entstanden war, wie er ihn ebenso schön erzeugen konnte, wenn er mit einem etwas weichen Bleistifte über eine Holzfläche fuhr, und dass dieser in seiner charakteristischen Form ganz und gar nicht identisch war mit demjenigen Bleistaube, den er bei Nahschüssen auf Eisenplatten erhielt. Ganz besonders wandte sich Reger gegen den Kocher'schen Versuch mit der fallenden Eisenbirne. Kocher war, wie oben erwähnt, auf Grund dieses Versuches zu dem Schlusse gekommen, dass ein Abspritzen von Teilchen nur erfolge, wenn das Geschoss bis über den Schmelzpunkt erhitzt werde, und hatte daraus gefolgert, dass die Abspritzungen in dem menschlichen Körper nur durch einen Schmelzungsvorgang hervorgerufen sein könnten. Diesen Schluss bezeichnete Reger als Trugschluss. Da nämlich die lebendige Kraft jener Eisenbirne 6,56 mkg betrage, beweise dies Experiment weiter nichts, als dass bei Anwendung einer verhältnismässig geringen Kraft eben Schmelzung des Bleis zu dem Auseinanderspritzen desselben nötig ist. Keineswegs aber dürfe Kocher die Wirkung seiner Eisenbirne mit derjenigen des Geschosses vergleichen, dessen lebendige Kraft ungefähr das Dreissigfache der angewandten Kraft betrage. Reger fand dagegen bei ähnlichen Versuchen, bei denen er sich eines Dampfhammers bediente, dass bei genügender Kraft ein Auseinanderspritzen des Bleis schon bei gewöhnlicher Lufttemperatur stattfindet, und dass die mit dem Auseinanderspritzen verbundene Temperaturerhöhung durchaus keine bedeutende ist. Auch aus seiner Geschosspräparatensammlung glaubte er unzweifelhaft nachweisen zu können, dass eine Temperatursteigerung bis zur Schmelzung bei Entstehung der Deformationen keineswegs mitgewirkt haben kann. Schon das ganze Aussehen der Geschosse und deren Splitter

weise unbedingt darauf hin, dass Schmelzung nicht stattgefunden haben kann.

Während also die meisten Autoren bisher behauptet hatten, dass bei dem Auftreffen des Geschosses in demselben eine Rückwirkung in Form von molekularen Schwingungen erzeugt würde, die sich als Wärme äussere, welche dann ihrerseits erst die Verschiebung der Teilchen und Deformation hervorbrächte, stellte Reger die Theorie auf, dass die reciproke Rückwirkung sich äussere in Deformierung und Erwärmung. Beide Erscheinungen stehen nebeneinander als direkte Ausserungen der Rückwirkung. Weder ist die Deformation eine Folge der Erwärmung, noch ist diejenige Kraft, welche zur Deformation gebraucht wird, für Erwärmung noch disponibel. Bei denjenigen Geschossen, welche infolge ihres Materials eine Deformierung zulassen, wird der grösste Teil der lebendigen Kraft zu dieser Deformierung, und nur der übrig bleibende Teil, zuzüglich der vielleicht durch die Verschiebung der einzelnen Lamellen entstehenden sekundären Reibungswärme, zur Erwärmung des Geschosses verbraucht. Die Deformierung ist also keine sekundäre, sondern wesentlich eine primäre Erscheinung. Nach Reger wird also eine nennenswerte Erwärmung des Geschosses erst dann eintreten, wenn die auf das Geschoss übergehende lebendige Kraft bedeutend einer solchen überlegen ist, wie sie zu der Erzeugung der vollständigsten Deformation gebraucht wird. Daraus folgt, dass ein grosser Unterschied bei dem schliesslichen Effekte der Rückwirkung obwalten muss je nach dem Materiale des Geschosses. Ein nicht deformierbares Stahlgeschoss wird, wie wir es oben bei den Schüssen auf Holz sahen, unter gleichen Umständen bedeutend mehr Hitze erhalten als ein Bleigeschoss, weil eben bei jenem auch derjenige Teil der lebendigen Kraft zu der Wärmeerzeugung verbraucht wird, welcher bei diesem zu der Deformierung verwandt wird. Deshalb hielt auch Reger diejenigen Schlüsse, die aus den artilleristischen Beobachtungen gezogen sind, zu der Aufklärung in der Erwärmungsfrage nicht für stichhaltig. Dass die Wärmebildung durch die dadurch bedingte Lockerung des Zusammenhanges der Metallmoleküle das Zustandekommen von Deformierungen auch

etwas unterstützt, gab Reger schliesslich zu, doch hielt er bei der nachgewiesenen Geringfügigkeit der Erwärmung diesen Effekt für ausserordentlich gering. Sein abschliessendes Urteil in der Erwärmungsfrage lautete also: Die auf ein Bleigeschoss übergehende rückwirkende Kraft kann in dem menschlichen Körper in keinem Falle eine Erhitzung bis zu der Schmelzung erzeugen. Bei dem Stahlgeschosse dagegen tritt infolge Fehlens der Deformierung eine stärkere Erhitzung auf. Die Deformation und Splitterung verdankt im allgemeinen nur dem mechanischen Momente ihren Ursprung.

Auch Beck konnte an den tausenden, von ihm gesammelten Geschossen niemals Spuren einer Schmelzung, wie kugel- oder tropfenförmige Bildungen, sondern immer nur scharfe Kontouren, Kanten und zackige Vorsprünge, also Zeichen einer mechanischen Destruktion beobachten. Noch deutlicher erkannte er dies, wenn er die aus den verschiedensten Geweben der Schusskanäle stammenden Bleiablagerungen unter dem Mikroskope betrachtete. Dass selbst bei völliger Abplattung der Geschosse eine starke Erhitzung nicht Ursache sein konnte, ging für ihn daraus hervor, dass er an solchen Präparaten nie Schmelzprodukte, sondern immer scharfe Kontouren und wellenförmige Streifungen sah, und dass selbst die früheren Zeichnungen, wie Ringe und Rillen an dem Basalteile noch deutlich erkennbar waren. Letzteres hätte nicht der Fall sein können, wenn das Geschoss bis zu dem Schmelzpunkte erwärmt gewesen wäre. Auch in dem Verhalten des deformierten, also erhitzt sein sollenden Geschosses zu anderen, mit demselben innig verbundenen Gegenständen erblickte Beck einen unumstösslichen Beweis gegen die Schmelzungstheorie. So fand er wiederholt bei tassenförmig umgestülpten Projektilen den an dem Basalteile haftenden Streifen zarten Papieres völlig unversengt, obgleich selbst starkes Papier bereits bei 270° verkohlt. In einem anderen Falle fand er sogar den Wachspfropf und das Pappscheibchen in dem Inneren des völlig umgekrempelten Bleigeschosses ganz intakt vor, was nicht möglich gewesen wäre, wenn sich das Blei auch nur einigermaassen erhitzt hätte. Auch bei Schüssen auf hartes Holz nahm er sehr häufig wahr, dass die feinsten Holz-

fäserchen das Geschoss gänzlich umsponnen hatten, ohne auch nur das geringste Zeichen einer thermischen Einwirkung an sich erkennen zu lassen. Den Wundverhältnissen wandte Beck ebenfalls seine Aufmerksamkeit zu, doch konnte er nie bei Excision von selbst stark deformierten Geschossen irgend welche Symptome einer vorausgegangenen Hitzeeinwirkung auf weiche wie harte Gewebe konstatieren, wie er sie z. B. erhielt, wenn er erhitztes Metall auf Fleisch applicierte. Wenn er indes ferner geltend machte, dass nie von Seiten der Verwundeten eine Schmerzensäusserung kundgegeben werde, die auf einen Insult durch Wärme schliessen lasse, so müssen wir hierin Richter vollkommen beipflichten, der sagte, es sei von einem Schwerverwundeten zuviel verlangt, dass er unterscheiden solle, ob der Schmerz von einer Hieb-, Stich- oder Brandverletzung herrühre. Beck berichtete ferner, dass er selbst nach dem Durchtritte des Geschosses durch einen tierischen Körper von dem Umfange des menschlichen niemals eine wesentliche Erwärmung nachweisen konnte. Selbst nach dem Durchdringen von Widerständen, die drei bis vier Mal grösser waren, als sie der menschliche Körper darbietet, konnte er das Bleigeschoss noch bequem in der Hand halten, während allerdings das Kupfer- und Stahlmantelgeschoss eine beträchtlich höhere Temperatur erreichte. Beck stellte nun auch selbsterdachte Versuche an, indem er das aufgefangene Geschoss in Quecksilber übertrug und aus der Temperaturerhöhung des Quecksilbers den Wärmegrad des Geschosses berechnete. Da aber einerseits bei den sogenannten Compoundgeschossen die verschiedene specifische Wärme und das verschiedene Leitungsvermögen der in Betracht kommenden Metalle berücksichtigt, sowie andererseits der Wärmeverlust während der Zeit zwischen dem Auffangen des Geschosses und seinem Eintauchen in Quecksilber mit in Rechnung gezogen werden musste, wurden seine Berechnungen derartig kompliciert, dass es zu weit führen würde, dieselben hier ausführlich wiederzugeben. Deshalb seien nur die Ergebnisse seiner Versuche hier erwähnt. Er gab seine Schüsse mit dem Mausergewehre aus einer Entfernung von 10 m auf dünne Eisenplatten ab. Dabei fand er nun, dass sich Bleiprojektile und kombinierte

Geschosse bei dem Überwinden von Widerständen verschieden stark erwärmen, und dass selbst bei Bewältigung eines viel stärkeren Widerstandes, als ihn der menschliche Körper darbietet, die Temperatur der Bleiprojektile 69°, die der Stahlmantelgeschosse 78° und die der Kupfermantelgeschosse 110° in dem Durchschnitte nicht überschreitet. Durch diese Thatsache hielt Beck zur Genüge den Beweis erbracht, dass die Schmelzungstheorie und die damit zusammenhängende Erklärung der zerstörenden Wirkung der modernen Projektile unrichtig und unhaltbar sei.

Bruns kam auf Grund sorgfältiger Versuche ebenfalls zu dem Schlusse, dass das Bleiprojektil in dem menschlichen Körper nicht bis zu dem Schmelzpunkte erhitzt wird. Er ordnete seine Versuche derartig an, dass er die Abspritzungen sowie den Kugelrest sofort in Substanzen von verschieden hohem Schmelzpunkte, wie Paraffin und Schwefel, auffing und durch Kontrollversuche mit künstlich erhitzten Bleifragmenten die genaue Temperatur bestimmte. So fand er, dass die grossen Bleifragmente nur ausnahmsweise 130 bis 150°, die kleinen dagegen 150 bis 200° erreichten. Für die Fragmente von Stahl- und Nickelmantelgeschossen ergab sich eine Temperatur von 200 bis 230°, in einem Falle sogar von über 300°. Diese Zahlenwerte sind bedeutend höher als die Beck'schen, doch stimmen sie annähernd mit den Reger'schen überein. Bruns hielt also auch das Zustandekommen von Deformierung und Zerteilung für einen rein mechanischen Vorgang und glaubte sich auch nur so die Thatsache erklären zu können, dass gerade die stärksten pilzförmigen Stauchungen bei Nahschüssen in feuchte Erde und kaltes Wasser beobachtet werden. Er stimmte vollkommen der Reger'schen Theorie bei, dass nicht deformierbare Geschosse sich stärker erhitzen, und er konnte dies auch aus eigener Erfahrung bestätigen, indem er Stahlmantelgeschosse, die ganz undeformiert durch Weichteile oder Sägemehl hindurchgegangen waren, wegen der allzugrossen Hitze nicht in der Hand halten konnte, während er diese Beobachtung bei Bleigeschossen niemals gemacht hatte.

In allerneuster Zeit wurden auf Befehl Seiner Excellenz des Herrn Generalstabsarztes der Armee, Pro-

fessor Dr. v. Coler viele exakte Untersuchungen über die Wirkung und die kriegschirurgische Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen angestellt. Bei dieser Gelegenheit fand auch die Erwärmungsfrage einige Beachtung. Um nämlich die Temperatur des verfeuerten Geschosses zu prüfen, füllte man Stahlmäntel mit Legierungen von einem von 65 bis 197° variierenden Schmelzpunkte und konstatierte so, dass das Geschoss bei dem Durchschlagen menschlicher oder tierischer Körper nur ausnahmsweise eine Temperatur über 95° erreichen kann.

Es erübrigt noch, hier kurz einige andere Fragen zu erörtern, die in dem Laufe der Zeit bald für, bald wider die Schmelzungstheorie in das Feld geführt wurden. Zunächst kommt die Erscheinung des Irisspiegels, d. i. einer regenbogenartig schimmernden Färbung des Geschosses, in Betracht, die so oft als Beweismittel stattgehabter Schmelzung herangezogen wurde. Die einen Autoren führten das Irisieren nämlich auf eine bis über den Schmelzpunkt hinaus gesteigerte Temperatur zurück, und in der That kann man schon bei mässiger, nicht einmal bis zu dem Schmelzpunkte gesteigerter Erwärmung frischer Bleischnitte ein wundervolles Irisieren erzeugen. Busch konnte dieselbe Erscheinung durch Hämmern und Schlagen von Blei hervorrufen und erklärte sie als eine gewaltsame Verschiebung der Moleküle. Beck hinwiederum konstatierte bei irisierenden Geschosspräparaten eine dünne Auflagerung von Schwefelblei und lehrte infolgedessen eine chemische Entstehung. Reger, der bei seinen Schiessversuchen fast in jedem einzelnen Falle entweder sofortiges oder erst nach längerem Liegen entstehendes Irisieren beobachten konnte, hielt dasselbe nicht für das Zeichen einer Erhitzung, sondern für einen Oxydationsprocess, der an eine gewisse Verschiebung der molekularen Verhältnisse bei gleichzeitig bestehender mässig glatter Oberfläche gebunden sei, wodurch eben Interferenz der Lichtschwingungen und somit Farbenspiel hervorgebracht werde. Im übrigen bezeichnete Reger das Irisieren für die Frage nach der Erwärmung der Geschosse als durchaus belanglos, wozu er um so mehr berechtigt war, als man Irisieren auch ohne jegliche Anwendung von Wärme

allein durch Liegenlassen von Bleistücken in kaltem Wasserleitungswasser erzeugen kann.

Etwas mehr Beachtung verdient die Frage, ob man an dem menschlichen Körper irgendwelche Erscheinungen wahrnehmen kann, die auf einen Insult durch Wärme schliessen lassen. So wurde z. B. von Socin der dunkel aussehende Saum an der Hautöffnung des Einschusses als Brandschorf angesprochen, doch traten fast sämtliche anderen Autoren dieser Auffassung energisch entgegen. Es hat sich nämlich bei genauer makroskopischer wie mikroskopischer Besichtigung ergeben, dass dieser Saum nichts weiter ist, als die durch das Geschoss vorgestülpte, gequetschte, mortificierte und von Pulverschleim geschwärzte Hautpartie. Das mit Hammelfett und Wachs bestrichene Projektil putzt nämlich ganz einfach den von Pulvergasen und unverbrannten Pulverkörnern verunreinigten Gewehrlauf aus und setzt die hierdurch gewonnene Auflagerung bei dem Auftreffen an dem Einschusse wieder ab. Wenn ferner Busch bei geschossenem Rotwilde versengte Einschusshaare gefunden haben will, so muss dies auf einem Irrtum beruhen, denn Reger und Beck berichten, dass sie bei Schüssen auf Rotwild, Pferde, Wolle- und Wattepanzer selbst die feinsten Härchen sowohl an dem Einschusse wie in dem Schusskanale stets in dem intaktesten Zustande gefunden haben. Hätte eine Versengung stattgefunden, so hätte sich das Haar an seinem Schnittende kräuseln und krümmen müssen. Dies konnte aber nie beobachtet werden. Eine eventuelle Farbenveränderung des Haares an der getroffenen Stelle führt Reger nicht auf Versengung, sondern auf Quetschung des Markkanals zurück. Als einen weiteren Effekt der Einwirkung erhitzter Geschosse bezeichnete Busch das Abträufeln von flüssigem Fett aus den Schusskanälen fettreicher Leichen, doch wird er auch hierin von Beck widerlegt, der das Zustandekommen dieser Erscheinung durch mechanische Quetschung der Fettzellen erklärte. Dass bei der enormen Geschwindigkeit der modernen Geschosse eine Hitzeeinwirkung auf den Schusskanal nicht stattfinden kann, wird allgemein zugestanden. Ebenso erklärlich ist es, dass man auch an dem Geschosslager keine Symptome einer thermischen Einwirkung wahrnimmt, denn wenn

erst ein Geschoss durch tierische Gewebe aufgehalten wird, so war eben seine Endgeschwindigkeit eine so geringe, dass sie nicht mehr zu der Erzeugung einer bedeutenden Temperatur ausreichte. Auch aus den oben erwähnten Versuchen, nach welchen die Temperatur des den Körper durchschlagenden Mantelgeschosses nur ausnahmsweise 95° überschreitet, geht zur Genüge hervor, dass von einer Verbrennung der Gewebe durch das durchschlagende Geschoss nicht die Rede sein kann.

Das Vorhandensein von Abdrücken der verschiedensten Gegenstände wurde ebenfalls zu der Erklärung der Erwärmungsfrage herangezogen. Man fand nämlich oft an den verfeuerten Geschossen deutliche Abdrücke von Münzen, Kravattenhaken, spongiösen Knochen, Gewebsstoffen u. s. w. Diese Erscheinung wurde nun vielfach als beweiskräftig für die Schmelzungstheorie angesehen, indem man behauptete, solche Abdrücke liessen sich nur erzeugen, wenn das Blei in annähernd geschmolzenem Zustande sich befände. Beck konnte dagegen aus eigener Erfahrung anführen, dass diese Abdrücke absolut keine hohe Geschosstemperatur voraussetzen. Er hatte sehr oft beobachtet, dass Projektile bei Bildung des Wundkanals einen Teil der elastischen Kleidung, ohne ihn zu durchlöchern, in denselben einstülpten und dann auf ihrer Oberfläche den völligen Abdruck des Gewebes zeigten. Dies konnte aber nur auf mechanischem Wege entstanden sein, denn bei einer beträchtlichen Erhitzung des Geschosses hätte dasselbe das entsprechende Gewebe, wie Hemd u. s. w., verkohlen müssen. Leinwand färbt sich bei 230° und verkohlt bei 300°, doch nie konnte er derartige Anzeichen wahrnehmen. Dass das Entstehen derartiger Abdrücke lediglich ein mechanischer Vorgang ist, wird auch noch durch folgenden Versuch überzeugend dargethan: Wenn man ein Weichbleigeschoss mit einer Kornzange fasst und damit auf die Sägefläche eines spongiösen Knochens schlägt, so werden entsprechend der Gewalt des Schlages Knochenteilchen so fest in das Blei eingepresst, dass man sie nur mit Mühe wieder losmachen kann. Ebenso erhält man, wenn man mit einem Stücke Weichblei über eine rauhe Tischdecke oder dergleichen fährt, einen deutlichen Abdruck des Gewebes, ein sicherer Beweis

also, dass man diese Erscheinung nicht zu Gunsten der Schmelzungstheorie deuten kann.

Wenn wir nun die Ergebnisse der vielfachen Untersuchungen und Erörterungen kurz zusammenfassen wollen, so wird der gegenwärtige Stand der Erwärmungsfrage in folgenden Sätzen niedergelegt:

Bei dem Auftreffen des Geschosses auf einen Widerstand macht sich ein mit dem Wachsen des Widerstandes zunehmender Teil der lebendigen Kraft durch reciproke Rückwirkung auf das Geschoss geltend.

Diese Rückwirkung äussert sich in Deformierung und Erwärmung.

Bei Geschossen, die eine Deformierung zulassen — Blei —; wird der Hauptteil der rückwirkenden lebendigen Kraft zu der Deformierung verbraucht. Bei nicht deformierbaren Geschossen — Stahl — wird die ganze rückwirkende lebendige Kraft zu der Erwärmung verwandt.

In dem menschlichen Körper kommt eine Schmelzung des Geschosses nicht vor.

Eine thermische Einwirkung des Geschosses auf den menschlichen Körper ist noch nicht beobachtet worden.

Die Temperatur des den Körper durchschlagenden modernen Stahlmantelgeschosses erreicht nur ausnahmsweise 95°.

Die Deformierung des Geschosses verdankt lediglich dem mechanischen Momente ihren Ursprung.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Oberstabsarzt 1. Kl. Professor Dr. R. Köhler, für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die gütige Durchsicht derselben meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Litteratur.

Beck, Über die Wirkung moderner Gewehrprojektile auf den tierischen Körper, Leipzig 1885.

Bodynski, Über die Schmelzung kleinerer Geschosse durch Aufschlagen auf eine Eisenplatte. Poggendorff-Annalen, Bd. 141.

Bruns, Die Geschosswirkung der neuen Kleinkalibergewehre, Tübingen 1889.

Busch, Verhandlungen des II. Chirurgen-Kongresses in Berlin 1873. Langenbeck's Archiv, Bd. 17 u. 18.

— Über die Schussfrakturen, welche das Chassepot-Gewehr bei Schüssen aus grosser Nähe hervorbringt. Langenbeck's Archiv, Bd. 16.

Hagenbach, Poggendorff-Annalen, Bd. 140 u. 143.

Kocher, Über Schusswunden, Leipzig 1880.

Küster, Über die Wirkungen der neuen Geschosse auf den tierischen Körper. Berl. klin. Wochenschrift 1875, No. 15.

Maggii, de vulnerum sclopetorum et bombardorum curatione tractatus. Bononiae 1552.

Oeuvres complètes d'Ambroise Paré par I. F. Malgaigne. Paris 1840.

Reger, Die Gewehrschusswunden der Neuzeit. Strassburg 1884.

Richter, Allgemeine Chirurgie der Schussverletzungen im Kriege. Breslau 1877.

Sanitätsbericht über die deutschen Heere im Kriege gegen Frankreich 1870/71. Herausgegeben von der Militär-Medicinal-Abteilung des Kgl. Preuss. Kriegsministeriums. Berlin 1884.

Socin, Kriegschirurgische Erfahrungen. Leipzig 1872.

Villaret, Über die Wirkung und die kriegschirurgische Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen. Deutsche medicinische Wochenschrift, No. 24, 1894.

Thesen.

I.

Eine thermische Einwirkung der modernen Geschosse auf den menschlichen Körper existiert nicht.

II.

Bei allen penetrierenden Bauchschüssen ist die Laparatomie indiciert.

III.

Bei fötaler Hydrocephalie ist bei Entbindung keine Rücksicht auf das Leben des Kindes zu nehmen.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Hermann Weber, evangelischer Konfession, Sohn des Dr. phil. Eduard Weber, Professors am Realgymnasium Wöhlerschule zu Frankfurt a. M., wurde am 29. Juli 1871 zu Neu-Ruppin, Prov. Brandenburg, geboren. Seine wissenschaftliche Ausbildung erhielt er auf den Gymnasien zu Frankfurt a. M. und Burg b. M., welch letzteres er zu Ostern 1891 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Am 28. März desselben Jahres wurde er in das Königliche medicinisch-chirurgische Friedrich-Wilhelms-Institut zu Berlin aufgenommen. Vom 1. April bis 1. Oktober desselben Jahres genügte er seiner Dienstpflicht mit der Waffe bei der 2. Kompagnie des zweiten Garde-Regimentes zu Fuss. Am 15. Februar 1893 bestand er die ärztliche Vorprüfung, am 5. Februar 1895 das Tentamen medicum, am 12. Februar 1895 das Examen rigorosum.

Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen, Kliniken und Kurse folgender Herren:

v. Bardeleben, v. Bergmann, du Bois-Reymond, Dilthey, Engler, Ewald, Fränkel, Gerhardt, Goldscheider, Gurlt, Gusserow, Hartmann (†), Hertwig, Hirsch (†), v. Hofmann (†), Jolly, Israel, R. Köhler, Köppen, Kossel, Kundt (†), G. Lewin, Leyden, Liebreich, v. Noorden, Olshausen, Oppenheim, Rubner, Salkowski, Schweigger, Schwendener, Schulze, Strassmann, Tiemann, R. Virchow, Waldeyer.

Allen diesen Herren, seinen hochverehrten Lehrern, spricht Verfasser seinen ehrerbietigen Dank aus.